

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THOMSON**  
DELPHION

RESEARCH

SERVICES

INSIDE DELPHION

My Account | Products

Search: Quick/Number Boolean Advanced

## The Delphion Integrated View

Get Now:  PDF | [More choices...](#)Tools: Add to Work File: [Create new Work File](#)View: [Expand Details](#) | [INPADOC](#) | Jump to: [Top](#)  Go to: [Derwent...](#) [Email](#)

🔍 Title: **EP0617491A2: Lightemitting semiconductor element**

🔍 Country: EP European Patent Office (EPO)

🔍 Kind: A2 Publ. of Application without search report<sup>i</sup> (See also: [EP0617491A3](#), [EP0617491B1](#))

🔍 Inventor: Ebeling, Karl Joachim, Prof. Dr.;

🔍 Assignee: Daimler-Benz Aktiengesellschaft  
[News, Profiles, Stocks and More about this company](#)

🔍 Published / Filed: 1994-09-28 / 1994-03-16

🔍 Application Number: EP1994000104050

🔍 IPC Code: [H01S 3/19](#); [H01L 33/00](#);

🔍 ECLA Code: [H01L33/00C4D3C](#); [H01S5/323B4](#); [H01S5/343](#);

🔍 Priority Number: 1993-03-26 [DE1993004310569](#)  
1993-03-26 [DE1993004310571](#)

🔍 Abstract:

For a light-emitting semiconductor element, a layer stack of AlGaAsN grown on a silicon substrate is provided. The emission wavelength can be adjusted over a wide range by choice of the Al content. Emission takes place in the visible spectral range. The layer stack of III-V semiconductor material matches the silicon substrate in regard to lattice structure.

🔍 INPADOC [Show legal status actions](#)

Get Now: [Family Legal Status Report](#)

Legal Status:

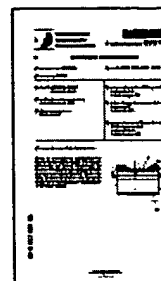
🔍 Designated DE FR GB IT NL

Country:

🔍 Family: [Show 6 known family members](#)

🔍 First Claim: [Show all claims](#)

1. Lichtemittierendes Halbleiterbauelement mit einer auf ein Siliziumsubstrat aufgewachsenen Schichtenfolge aus A(III)B(V)-Verbindungshalbleitermaterial, dadurch gekennzeichnet, daß das Verbindungshalbleitermaterial an das Siliziumsubstrat gitterangepaßt ist und als B(V)-Komponente  $As_{1-x}N_x$  enthält.



(10)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 617 491 A2**

(12)

# EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 94104050.3

(51) Int. Cl.<sup>5</sup> **H01S 3/19, H01L 33/00**

(22) Anmeldetag: 16.03.94

(30) Priorität: 26.03.93 DE 4310569  
26.03.93 DE 4310571

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
28.09.94 Patentblatt 94/39

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR GB IT NL

(71) Anmelder: Daimler-Benz Aktiengesellschaft  
Postfach 80 02 30  
D-70546 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder: Ebeling, Karl Joachim, Prof. Dr.  
Kelterweg 70  
D-89075 Ulm (DE)

(74) Vertreter: Amersbach, Werner, Dipl.-Ing.  
AEG Aktiengesellschaft  
Postfach 70 02 20  
D-60591 Frankfurt (DE)

## (54) Lichtemittierendes Halbleiterbauelement

(57) Für ein lichtemittierendes Halbleiterbauelement wird eine auf ein Silizium-Substrat aufgewachsene Schichtenfolge aus AlGaAsN vorgeschlagen. Die Emissionswellenlänge ist durch Wahl des Al-Gehalts über einen weiten Bereich einstellbar. Die Emission erfolgt im sichtbaren Spektralbereich. Die Schichtenfolge aus III-V-Halbleitermaterial ist glatterangepaßt an das Silizium Substrat.

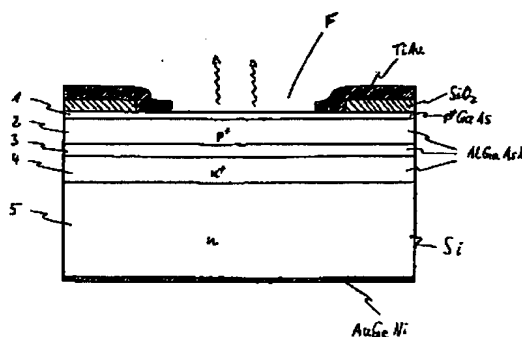


FIG.1

EP 0 617 491 A2

Die Erfindung betrifft in lichtemittierendes Halbleiterbauelement mit einer auf ein Siliziumsubstrat aufgewachsenen Schichtenfolge aus einem III-V-Verbindungshalbleitermaterial.

Derartige Bauelemente sind beispielsweise bekannt als Leuchtdioden mit InAlGaAs-Verbindungshalbleitern auf Silizium. Nachteilig an den bisher bekannten Leuchtdioden ist die geringere Quantenausbeute aufgrund von durch Gitterverzerrungen verursachte nichtstrahlende Rekombination und für die Verwendung in der Anzeigetechnik die Emission im Infrarotbereich. Für gleichfalls bekannte im infraroten Spektralbereich emittierende Laserdioden werden bei der Herstellung aufwendige Pufferschichten zum Auffangen von Versetzungslinien auf das Siliziumsubstrat aufgewachsen. Das Wandern von Versetzungen in die aktive Zone, was den Ausfall des Lasers zur Folge hat, läßt sich aber letztendlich nicht vollkommen unterdrücken.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein lichtemittierendes Halbleiterbauelement auf Silizium-Substrat mit hoher Effizienz und langer Lebensdauer anzugeben.

Die Erfindung ist im Patentanspruch 1 beschrieben. Die Unteransprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung.

Wesentlich an der Erfindung ist die Gitteranpassung an das Silizium-Substrat. Der Anteil  $x$  von Stickstoff gegenüber Arsen in der B(V)-Komponente  $As_{1-x}N_x$  des A(III)-B(V)-Verbindungshalbleitermaterials liegt hierfür vorzugsweise zwischen 0,1 und 0,2. Die relative Differenz in den Gitterkonstanten ist vorzugsweise  $<10^{-3}$ . Mit Gallium als Hauptbestandteil der B(III)-Komponente in der aktiven Schicht ergibt sich ein direkter Bandübergang für die Lichtemission, deren Wellenlänge über den Gehalt von Aluminium und in geringerem Maße auch Indium in der A(III)-Komponente InAlGa der aktiven Schicht von ca. 500nm bis über 800nm gezielt eingestellt werden kann, so daß günstigerweise eine Emission im sichtbaren Bereich erzielt werden kann.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Abbildungen noch eingehend veranschaulicht.

Der in FIG. 1 nicht maßstabgetreu skizzierte Aufbau einer Leuchtdiode mit einer Halbleiterschichtenfolge 1 bis 5 weist als unterste Schicht ein  $n$ -dotiertes Si-Substrat auf, auf welches eine an das Substrat gitterangepaßte  $n$ -dotierte AlGaAs $_{1-x}N_x$  ( $0,1 \leq x \leq 0,2$ ) Cladding Schicht 6 als ca. 500nm dicke Zwischenschicht mit einer Dotierung  $n \approx 3 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  aufgewachsen ist. Die Heterobarrier zwischen Schicht 4 und dem Substrat läßt sich durch eine Graduierung reduzieren, die insbesondere den Heterowiderstand vermindert.

Auf die Claddingschicht 4 ist eine ca. 100nm dicke aktive Schicht 3 aus an das Si-Substrat gitterangepaßtem  $Al_yGa_{1-y}As_{1-x}N_x$  mit 2-3 verspannten 5-8nm dicken  $Al_yGa_{1-y}As$  Quantenwell-Schichten aufgewachsen. Die gesamte aktive Schicht ist undotiert. Mit beispielsweise  $y \approx 0,1$  liegt die Wellenlänge der Lichtemission zwischen 600 und 700nm.

In den Quantenwellschichten kann teilweise Gallium gegen Indium ausgetauscht und auf diese Weise durch Kontrolle der Verspannung eine Feinabstimmung der Emissionswellenlänge vorgenommen werden.

Auf die aktive Schicht 4 folgt eine weitere ca. 500nm dicke Claddingschicht 2 die wie die Schicht 4 aus an das Si-Substrat gitterangepaßtem AlGaAs $_{1-x}N_x$  besteht.

Die auf die aktive Schicht 3 aufgewachsene Schicht 2 ist wieder eine ca. 500nm dicke Claddingschicht und besteht wie die Claddingschicht 4 aus AlGaAs $_{1-x}N_x$ . Sie ist  $p$ -dotiert mit einer Konzentration von  $p \approx 5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ . Der Al-Gehalt in den Cladding-Schichten 2 und 4 ist so groß zu wählen, daß die Bandlücke energetisch größer ist als in der aktiven Schicht. Zur Kontaktierung ist eine abschließende ca. 20nm dicke Kontaktschicht aus  $p^+$ -GaAs vorgesehen, die mit einem metallischen Kontakt aus beispielsweise TiAu versehen ist. Die metallische Schicht ist in den Randbereichen durch eine dielektrische Schicht, z.B. aus  $SiO_2$  gegen die Kontaktschicht isoliert und läßt ein Fenster F für den Austritt des emittierten Lichts frei. Für den gegenpoligen Kontakt kann beispielsweise auf die Unterseite des Si-Substrats eine metallische AuGeNi-Schicht aufgebracht sein.

Der in FIG. 2 skizzierte Aufbau einer Laserdioden mit einer Halbleiterschichtenfolge 11 bis 17 weist als unterste Schicht ein  $n$ -dotiertes Si-Substrat auf, auf welches eine an das Si-Substrat gitterangepaßte  $n^+$ -AlAs $_{1-x}N_x$  ( $0,1 \leq x \leq 0,2$ ) Cladding-Schicht 16 als 1-2µm dicke Zwischenschicht mit einer Dotierung  $n \approx 5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  aufgewachsen ist. Auf diese folgt eine an das Si-Gitter angepaßte Graduierungsschicht 15 aus AlGaAs $_{1-x}N_x$  mit einer Dicke von ca. 250nm, deren untere, d.h. der Cladding-Schicht 16 zugewandte Hälfte  $n$ -dotiert ist. Auf die Graduierungsschicht 15 ist eine 50-100nm dicke laseraktive Schicht aus an das Si-Substrat gitterangepaßtem  $Al_yGa_{1-y}As_{1-x}N_x$  mit 2-3 verspannten, 5-8nm dicken  $Al_yGa_{1-y}As$  Quantenwell-Schichten aufgewachsen. Die gesamte aktive Schicht ist undotiert. Mit  $y \approx 0,1$  liegt die Wellenlänge der Laseremission zwischen 600 und 700nm. In den Quantenwellschichten kann teilweise Gallium gegen Indium ausgetauscht und auf diese Weise durch Kontrolle der Verspannung eine Feinabstimmung der Emissionswellenlänge und des Gewinns vorgenommen werden.

Auf die aktive Schicht 14 folgt eine weitere ca. 250nm dicke Graduierungsschicht 13, die wie die Schicht 15 aus an das Si-Substrat gitterangepaßtem  $\text{AlGaAs}_{1-x}\text{N}_x$  besteht. Sie ist in ihrer oberen, d.h. der aktiven Schicht 14 abgewandten Hälfte p-dotiert. Die beiden Graduierungsschichten und die von ihnen eingeschlossene aktive Schicht bilden einen optischen Wellenleiter.

Die Schicht 12 ist wieder eine 1-2µm dicke Cladding-Schicht und besteht wie die Cladding-Schicht 16 aus  $\text{AlAs}_{1-x}\text{N}_x$ . Sie ist p-dotiert mit einer Konzentration von  $p \approx 5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ .

Zur Kontaktierung ist eine abschließende ca. 20nm dicke Kontaktschicht aus p-GaAs mit  $p \approx 5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  vorgesehen, die mit einem metallischen Kontakt aus beispielsweise TiAu versehen ist. Für den gegenpoligen Kontakt kann beispielsweise auf die Unterseite des Si-Substrats eine metallische AuGeNi-Schicht aufgebracht sein.

Die Spiegelflächen können beispielsweise durch Trockenätzen oder durch Spalten auf Kristallflächen (111) oder ( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ) erzeugt werden. Eine äquivalente Schichtenfolge auf einem p-dotierten Substrat ergibt sich unmittelbar durch Austausch der Dotierungstypen in den einzelnen Schichten.

FIG. 3 zeigt die Frontansicht einer Laserdiode in Rippenwellenleiter-Ausführung, bei welcher die Kontaktschicht 11 nur auf einer Rippenbreite von beispielsweise 2-4µm stehen bleibt und auch die 1-2µm dicke Cladding-Schicht 12 in den Randbereichen bis auf eine Restdicke von 100-200nm abgetragen ist. Die ganzflächig abgeschiedene TiAu-Metallschicht ist gegen die Cladding-Schicht 12 durch eine dielektrische Schicht aus beispielsweise  $\text{SiO}_2$  isoliert. Der Schichtenaufbau entspricht im übrigen der FIG. 2.

Zu den skizzierten vorteilhaften Ausführungen der Leuchtdiode oder der Laserdioden alternative Ausführungen und Bauformen lichtemittierender Bauelemente wie beispielsweise eine Laserdiode mit vertikalem Laserresonator, BH-Bauform oder DCPBH-Bauform u.ä., wie sie aus dem Stand der Technik bekannt sind, sind selbstverständlich auch mit der vorliegenden Erfindung möglich.

Die Herstellung einer der beschriebenen Schichtenfolgen kann beispielsweise mittels Molekularstrahlepitaxie (MBE) oder MO(metall organic)-MBE in an sich bekannter Weise erfolgen. Zur p-Dotierung kann beispielsweise Beryllium, zur n-Dotierung Silizium dienen.

Die erfindungsgemäßen lichtemittierenden Bauelemente sind durch das Aufwachsen auf ein Silizium-Substrat besonders zur monolithischen Integration mit weiteren Bauelementen oder mit vollständigen integrierten Schaltkreisen in Silizium-Technologie geeignet und vor allem für die optische Verbindungs- und Kommunikationstechnik, aber auch für die Anzeige- und Beleuchtungstechnik vorteilhaft.

## Patentanspruch

1. Lichtemittierendes Halbleiterbauelement mit einer auf ein Siliziumsubstrat aufgewachsenen Schichtenfolge aus A(III)B(V)-Verbindungshalbleitermaterial, dadurch gekennzeichnet, daß das Verbindungshalbleitermaterial an das Siliziumsubstrat gitterangepaßt ist und als B(V)-Komponente  $\text{As}_{1-x}\text{N}_x$  enthält.
2. Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die aktive Schicht als A(III)-Komponente überwiegend Gallium enthält.
3. Bauelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die aktive Schicht der Schichtenfolge aus  $\text{AlGaAsN}$  mit mehreren eingebetteten verspannten Quantenwell-Schichten aus  $\text{AlGaAs}$  besteht.
4. Bauelement nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die aktive Schicht undotiert ist.
5. Bauelement nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Quantenwell-Schichten zusätzlich in enthalten.
6. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5 gekennzeichnet durch die Emission von Licht im sichtbaren Bereich.
7. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die monolithische Integration mit Silizium-Bauelementen.
8. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch seine Ausführung als Leuchtdiode.
9. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch seine Ausführung als Laserdiode.

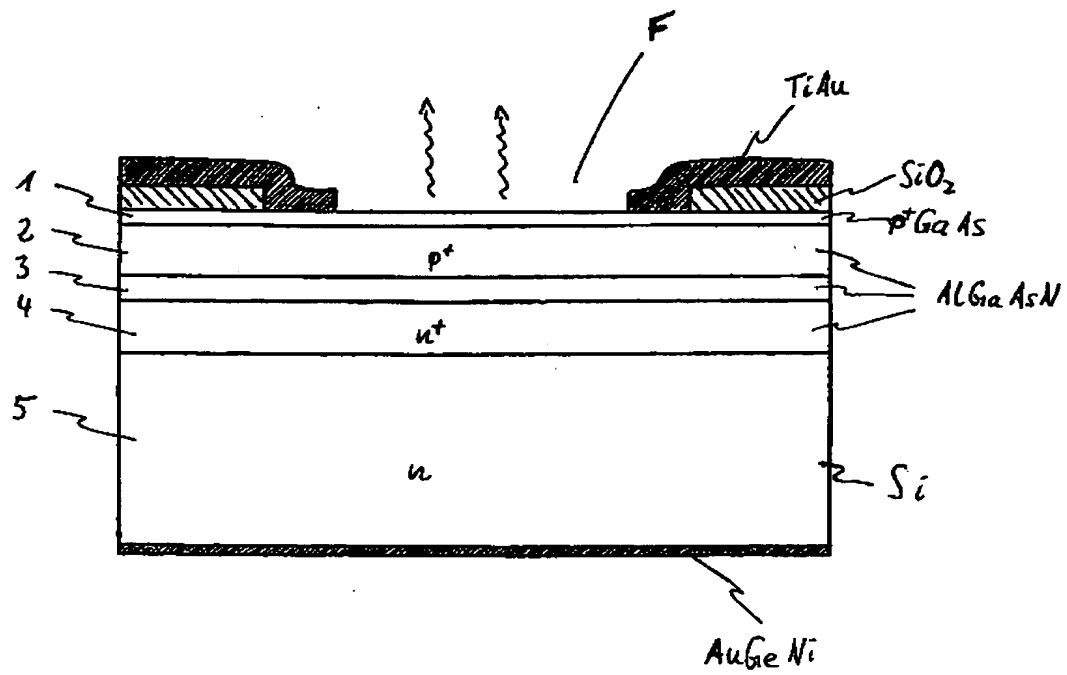


FIG.1

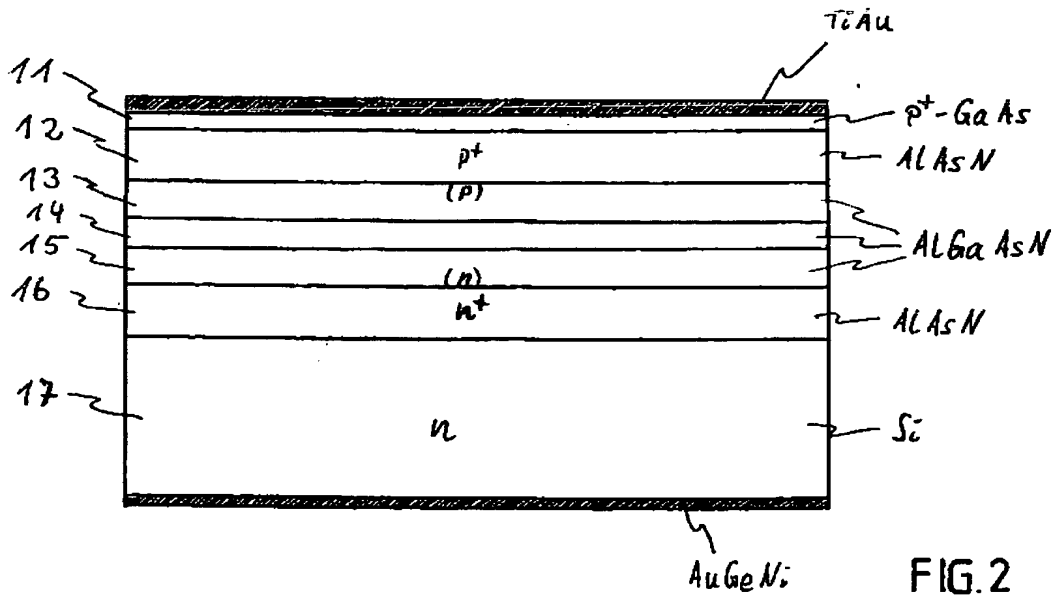


FIG. 2

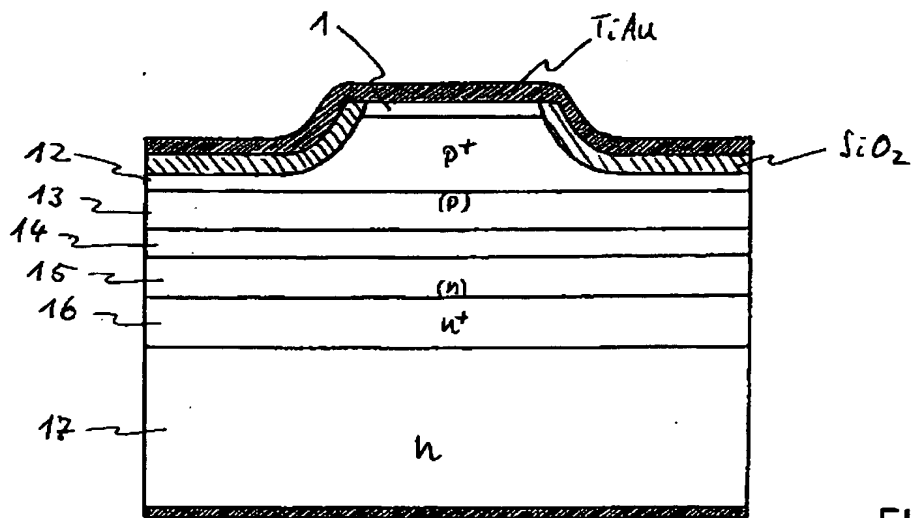


FIG. 3